

ΨΣ003 – Φυσική

Ρεύμα - αντίσταση - ηλεκτρεγερτική δύναμη

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

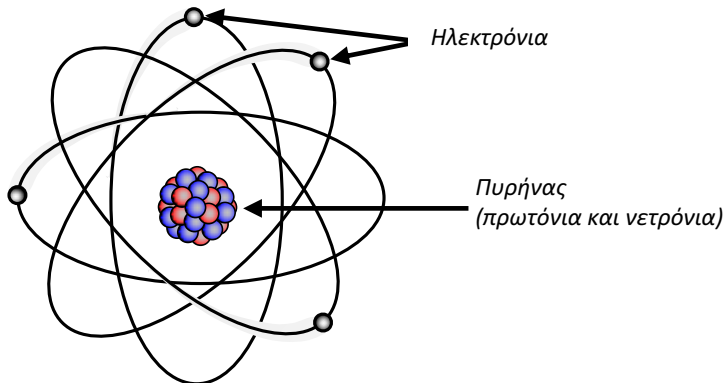


Περιεχόμενα

- 1 Ρεύμα
- 2 Αντίσταση
- 3 Ηλεκτρεγερτική δύναμη

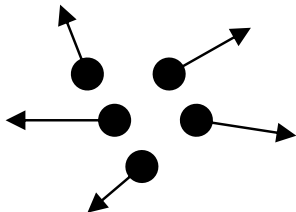
Ατομική δομή

- Τι είναι το άτομο και ποια είναι η δομή του;

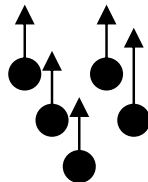


Ηλεκτρικό ρεύμα

- Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;



Τυχαία κίνηση φορτίων



Προσανατολισμένη κίνηση φορτίων (ηλεκτρικό ρεύμα)

$$I = \frac{d|Q|}{dt}$$

Ηλεκτρικό ρεύμα

Άσκηση 3.1

Ηλεκτροφόρος μεταλλικός αγωγός διαρρέεται από ρεύμα 1A. Να βρεθεί ο αριθμός των ηλεκτρονίων τα οποία διέρχονται από διατομή του αγωγού στη μονάδα του χρόνου. Δίνεται το φορτίο του ηλεκτρονίου: $q_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{Cb}$.

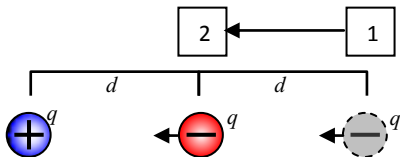
Άσκηση 3.2

Για μια διατομή μεταλλικού αγωγού καταγράφηκαν 10^{20} διελεύσεις ηλεκτρονίων προς την ίδια κατεύθυνση μέσα σε χρονικό διάστημα 10s. Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό. Δίνεται το φορτίο του ηλεκτρονίου: $q_e = 1.6 \times 10^{-19} \text{Cb}$.



Δυναμικό και τάση

- Τι είναι το δυναμικό και τι η τάση (διαφορά δυναμικού);



$$E_2 = -K_e \frac{|q|^2}{d} < E_1 = -K_e \frac{|q|^2}{2d}$$

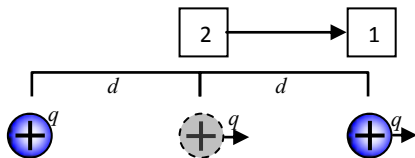
$$V_2 = K_e \frac{|q|}{d} > V_1 = K_e \frac{|q|}{2d}$$

$$\left(V = \frac{dE}{dq} \right)$$



Δυναμικό και τάση

- Τι είναι το δυναμικό και τι η τάση (διαφορά δυναμικού);



$$E_2 = K_e \frac{|q|^2}{d} > E_1 = K_e \frac{|q|^2}{2d}$$

$$V_2 = K_e \frac{|q|}{d} > V_1 = K_e \frac{|q|}{2d}$$



Δυναμικό και τάση

Άσκηση 3.3

Ηλεκτρόνιο μετακινείται εντός ηλεκτρικού πεδίου από σημείο A σε σημείο B υπό την επίδραση μόνο της δύναμης του πεδίου. Αν το δυναμικό στο σημείο A είναι $10V$ και το δυναμικό στο σημείο B είναι $9V$, να βρεθεί η μεταβολή της ενέργειας του ηλεκτρονίου μεταξύ της αρχικής και της τελικής του θέσης. Δίνεται το φορτίο του ηλεκτρονίου:
 $q_e = 1.6 \times 10^{-19}Cb.$



Ηλεκτρική ισχύς

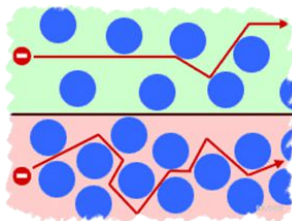
- Ο **ρυθμός μεταβολής** (παραγωγής ή κατανάλωσης) ενέργειας (όχι μόνο ηλεκτρικής) εκφράζει την ισχύ:

$$P = \frac{dE}{dt}$$

- Μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι το Watt ($W = \text{Joule/s}$)



Αντίσταση



Έννοια

Η **αντίσταση** εκφράζει τη “**δυσκολία**” που προκαλεί ένα αγώγιμο υλικό στη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από αυτό.

Περιεχόμενα

- 1 Ρεύμα
- 2 Αντίσταση**
- 3 Ηλεκτρεγερτική δύναμη

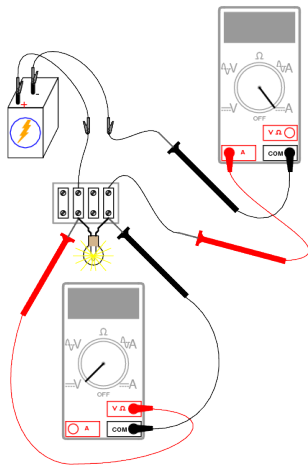
Αντίσταση

Ορισμός

$$R = \frac{V}{I}$$

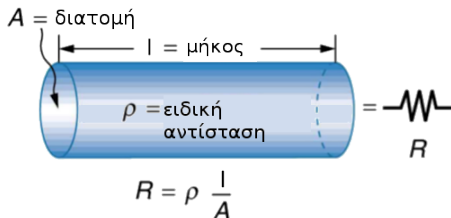
Μονάδα μέτρησης

$$\Omega = \frac{V}{A}$$



Σχέση αντίστασης – διαστάσεων αγωγού

$$R = \rho \frac{l}{A}$$



Ερώτηση 3.1

Από τι εξαρτάται η ειδική αντίσταση (ρ) και ποια η μονάδα μέτρησής της;

Προσομοίωση



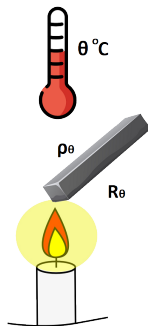
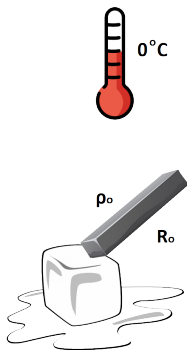
https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_en.html



Σχέση αντίστασης – θερμοκρασίας

$$\rho_{\theta} = \rho_0(1 + \alpha\theta)$$

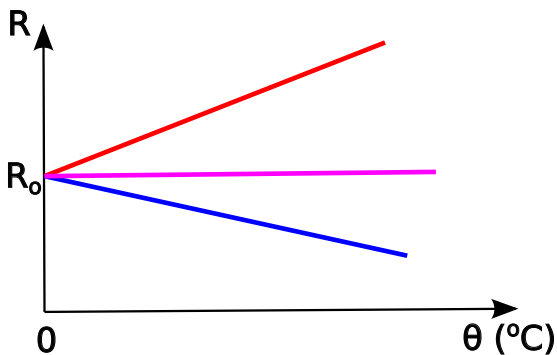
α : θερμικός
συντελεστής ειδικής
αντίστασης



Ερώτηση 3.2

Υπό ποιες συνθήκες ισχύει η σχέση $R_{\theta} = R_0(1 + \alpha\theta)$;

Σχέση αντίστασης – θερμοκρασίας

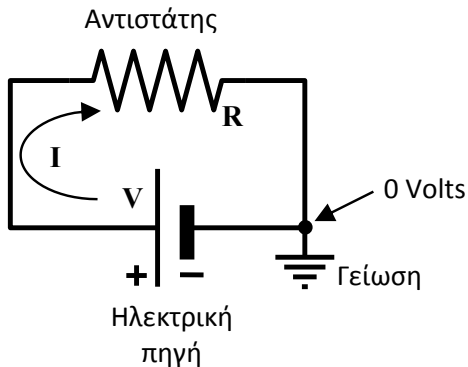


- μέταλλα
- κράματα
- ημιαγωγοί



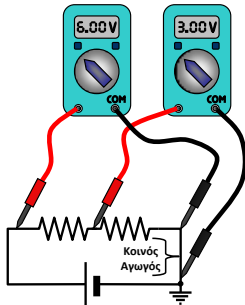
Ηλεκτρικό κύκλωμα

- Τι είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και τι η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος;



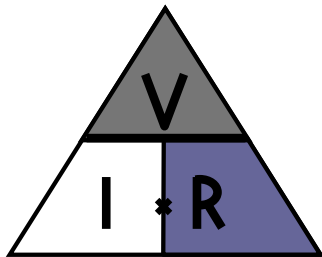
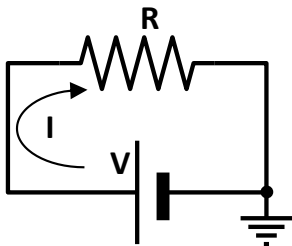
Γείωση – δυναμικό αναφοράς – κοινός αγωγός

- Τι εννοούμε με τους όρους ‘γείωση’, ‘δυναμικό αναφοράς’ και ‘κοινός αγωγός’;



Νόμος του Ohm

- Τι προβλέπει ο νόμος του Ohm και ποια μεγέθη συνδέει;



Νόμος του Ohm

Άσκηση 3.4

Αν στους ακροδέκτες αντιστάτη εφαρμόσουμε τάση 10V, το ρεύμα που διαρρέει τον αντιστάτη είναι 1mA. Να βρεθεί η τιμή της αντίστασης.

Άσκηση 3.5

Αντιστάτης του $1\text{k}\Omega$ διαρρέεται από ρεύμα 10mA. Να βρεθεί η τάση στα άκρα του.

Άσκηση 3.6

Στους ακροδέκτες αντιστάτη των $10\text{M}\Omega$ εφαρμόζεται τάση 1V. Να βρεθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη.



Προσομοίωση



- https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_en.html
- https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_en.html



Εκφράσεις ηλεκτρικής ισχύος

- Για ένα ηλεκτρικό στοιχείο στα άκρα του οποίου εφαρμόζεται τάση V και το οποίο διαρρέεται από ρεύμα I , η **ηλεκτρική ισχύς** δίνεται από την έκφραση:

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{dE}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} \Rightarrow P = V \cdot I$$



Εκφράσεις ηλεκτρικής ισχύος αντιστάτη

- Με τη βοήθεια του νόμου του Ohm, προκύπτουν οι εξής ισοδύναμες εκφράσεις για την ισχύ ωμικού αντιστάτη R :

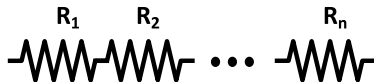
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = I^2 R$$



Συνδεσμολογίες αντιστατών

- Αντιστάτες σε σειρά

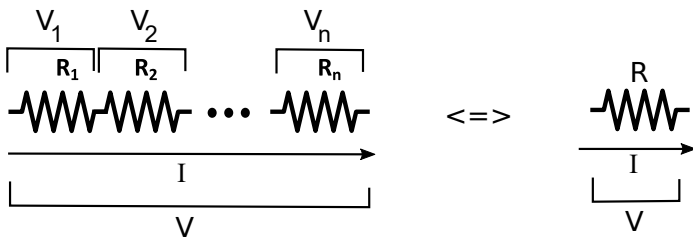


$$R = \sum_{i=1}^n R_i$$



Συνδεσμολογίες αντιστατών

- Απόδειξη της σχέσης $R = \sum_{i=1}^n R_i$



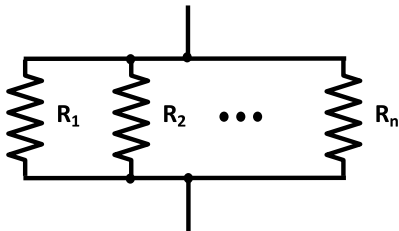
$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \Rightarrow I \cdot R = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + \dots + I \cdot R_n \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \Rightarrow R = \sum_{i=1}^n R_i$$



Συνδεσμολογίες αντιστατών

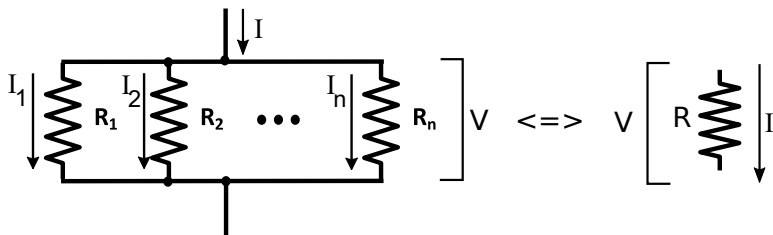
- Παράλληλοι αντιστάτες



$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Συνδεσμολογίες αντιστατών

- Απόδειξη της σχέσης $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$



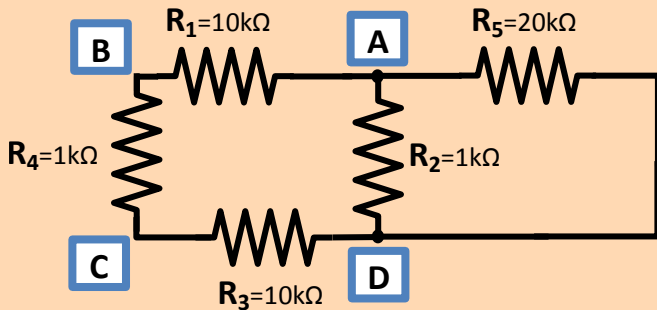
$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \Rightarrow \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \dots + \frac{V}{R_n} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \Rightarrow \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Συνδεσμολογίες αντιστατών

Άσκηση 3.7

Για το δικτύωμα αντιστατών του σχήματος να προσδιορίσετε τις ισοδύναμες αντιστάσεις μεταξύ των σημείων A-B, A-C και A-D.



Συνδεσμολογίες αντιστατών

Άσκηση 3.8

Αποδείξτε πως η ισοδύναμη αντίσταση n παράλληλων όμοιων αντιστατών με αντίσταση R είναι ίση με $\frac{R}{n}$ και εξηγήστε ποιοτικά το αποτέλεσμα.



Συνδεσμολογίες αντιστατών

Άσκηση 3.9

Δίνονται δύο παράλληλοι αντιστάτες, για τους οποίους η αντίσταση του ενός είναι πολύ μικρότερη της αντίστασης του άλλου.

- 1 Εξηγήστε γιατί η ισοδύναμη αντίσταση του συστήματος είναι περίπου ίση με εκείνη του μικρότερου αντιστάτη.
- 2 Επιβεβαιώστε την εξήγησή σας υπολογίζοντας επακριβώς την αντίσταση παράλληλης συνδεσμολογίας δύο αντιστάσεων με τιμές 1Ω και $1k\Omega$.



Ασκήσεις

Άσκηση 3.10

- 1 *Να βρεθεί η αντίσταση ευθύγραμμου σύρματος κυλινδρικής διατομής με μήκος 10km και ακτίνα 2mm .*
- 2 *Να βρεθεί το ποσοστό μεταβολής της αντίστασης ενός σύρματος αν αυτό διπλωθεί στα δύο.*

Άσκηση 3.11

Η τάση κανονικής λειτουργίας ενός λαμπτήρα είναι 45V , οπότε το ρεύμα το οποίο τον διαρρέει είναι 5A . Πώς πρέπει να συνδέσουμε αντίσταση σε σχέση με τον λαμπτήρα ώστε αυτός να μπορεί να τροφοδοτηθεί από δίκτυο των 220V και ποια η τιμή της αντίστασης αυτής;



Ασκήσεις

Άσκηση 3.12

Πόσους λαμπτήρες αντίστασης 800Ω μπορούμε να συνδέσουμε παράλληλα σε δίκτυο τάσης $220V$ αν η γραμμή τροφοδοσίας προστατεύεται με ασφάλεια των $6A$;

Άσκηση 3.13

Να υπολογιστεί η πτώση τάσης ανά χιλιόμετρο σύρματος αργιλίου με διατομή $25mm^2$ το οποίο διαρρέεται από ρεύμα $20A$. Δίνεται η ειδική αντίσταση του αργιλίου: $2.5\mu\Omega \cdot cm$.



Ασκήσεις

Άσκηση 3.14

Αγωγός αποτελείται από τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 και R_3 που είναι συνδεδεμένες σε σειρά. Αν α_1 , α_2 είναι οι θερμικοί συντελεστές των αντιστάσεων R_1 , R_2 , αντίστοιχα, να βρεθεί ο θερμικός συντελεστής α_3 της αντίστασης R_3 ώστε η αντίσταση του αγωγού να είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας.

Άσκηση 3.15

Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (20°C) το ρεύμα που διαρρέει λαμπτήρα βολφραμίου είναι 2A , για τάση δικτύου 194V . Όταν ο λαμπτήρας φτάσει σε θερμοκρασία 2520°C το ρεύμα γίνεται 1A . Να βρεθεί ο θερμικός συντελεστής αντίστασης του βολφραμίου.



Ασκήσεις

Άσκηση 3.16

Δύο αντιδιαμετρικά σημεία A και B κυκλικού αγωγού συνδέονται με πηγής σταθερής τάσης $6V$. Να βρεθεί η διαφορά δυναμικού μεταξύ σημείων M και N του κυκλικού αγωγού για τα οποία $AM=MB$ και $AN=2NB$.

Άσκηση 3.17

Ηλεκτρική θερμάστρα ισχύος $600W$ και τάσης λειτουργίας $110V$ συνδέεται σε σειρά με λαμπτήρα ισχύος $32W$ και τάσης λειτουργίας $6V$. Το σύστημα συνδέεται σε τάση $110V$. Να εξετασθεί αν ο λαμπτήρας λειτουργεί κανονικά.



Ασκήσεις

Άσκηση 3.18

Αν διπλασιάσουμε το μήκος και τριπλασιάσουμε τη διάμετρο σύρματος που αποτελεί την αντίσταση θερμαντικού σώματος, να βρεθεί το ποσοστό μεταβολής της ισχύος του θερμαντικού σώματος αν η τάση λειτουργίας διατηρείται σταθερή.

Άσκηση 3.19

Αν η τάση λειτουργίας ηλεκτρικής θερμάστρας ελαττωθεί κατά 20%, ποιο θα είναι το ποσοστό μεταβολής της ισχύος της;

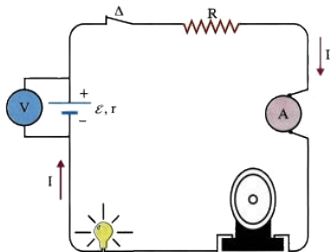


Περιεχόμενα

- 1 Ρεύμα
- 2 Αντίσταση
- 3 Ηλεκτρεγερτική δύναμη**

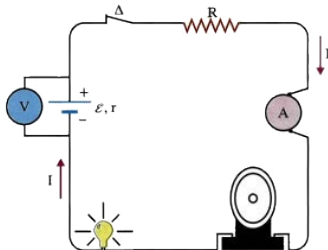
Ηλεκτρεγερτική δύναμη

- Ποιος ο ρόλος μιας **ηλεκτρικής πηγής** σε ένα κλειστό κύκλωμα;



Ηλεκτρεγερτική δύναμη

- Η ηλεκτρική πηγή **αναβιβάζει** την ενέργεια των φορτίων στον **αρνητικό** της πόλο, αποδίδοντάς τα στον **θετικό** πόλο.



- **Ορισμός** ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ)

$$HE\Delta = \frac{W}{q}$$

W η ενέργεια που αποδίδεται από την πηγή σε φορτίο q



Ηλεκτρεγερτική δύναμη

Ερώτηση 3.3

Ποιο άλλο γνωστό μέγεθος ορίζεται παρόμοια με την ηλεκτρεγερτική δύναμη;

Ερώτηση 3.4

Ποια η **μονάδα μέτρησης** της ηλεκτρεγερτικής δύναμης;



Ηλεκτρεγερτική δύναμη

Άσκηση 3.20

Αποδείξτε ότι η ηλεκτρεγερτική δύναμη δίνεται από την εξής ισοδύναμη έκφραση:

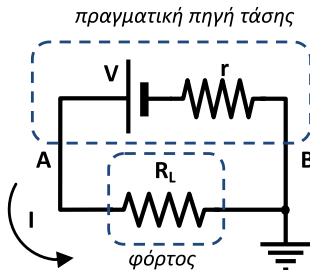
$$HE\Delta = \frac{P}{I}$$

όπου P η ισχύς που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα και I το ρεύμα που το διαρρέει.



Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

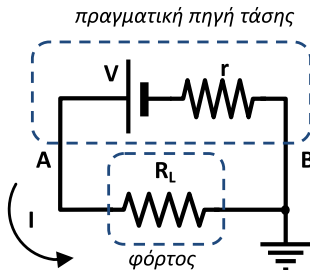
- Κάθε **πραγματική** πηγή τάσης έχει μια **εσωτερική** αντίσταση r που οφείλεται στην αντίσταση των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένη η ίδια η πηγή.



$$V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + r} V$$

Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

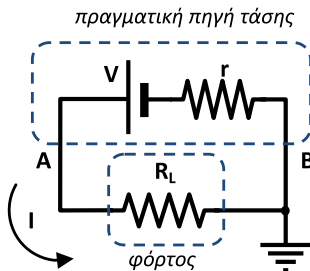
- Εξαιτίας της **πτώσης τάσης** που προκαλεί η εσωτερική αντίσταση της πηγής, η τάση μεταξύ των πόλων της A, B θα είναι **διαφορετική** από την ονομαστική της τάση V.



$$V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + r} V$$

Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

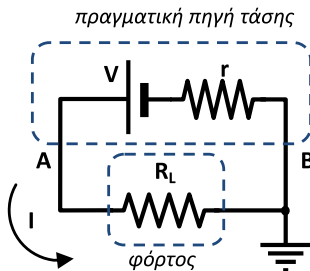
- Όσο μικρότερη είναι η τιμή της εσωτερικής αντίστασης r , τόσο μικρότερη είναι η **απόκλιση** μεταξύ της **ονομαστικής** τάσης και της **πραγματικής** (ή **πολικής**) τάσης στα άκρα των πόλων της πηγής.



$$V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + r} V$$

Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

- Όσο μικρότερη είναι η τιμή της εσωτερικής αντίστασης r , τόσο μικρότερη είναι η **απόκλιση** μεταξύ της **ονομαστικής** τάσης και της **πραγματικής** (ή **πολικής**) τάσης στα άκρα των πόλων της πηγής.



$$V_{AB} = \frac{R_L}{R_L + r} V$$



Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

Ερώτηση 3.5

Ποια σχέση έχει η **ηλεκτρεγερτική δύναμη** με την **ονομαστική τάση** μιας πηγής;



Ασκήσεις

Άσκηση 3.21

Κύκλωμα περιλαμβάνει πηγή ηλεκτρεγερτικής δύναμης 12V και εσωτερικής αντίστασης 1Ω , και δύο αντιστάσεις των 5Ω και 6Ω συνδεδεμένες σε σειρά. Να υπολογιστούν:

- 1 Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα
- 2 Η πολική τάση της πηγής
- 3 Η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης



Ασκήσεις

Άσκηση 3.22

Σύστημα δύο παράλληλων αντιστάσεων 10Ω και 20Ω τροφοδοτείται από πηγή τάσης με εσωτερική αντίσταση 1Ω . Αν η αντίσταση των 10Ω διαρρέεται από ρεύμα $2A$, να υπολογιστούν:

- 1 Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής
- 2 Η ισχύς που παρέχει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα



Ασκήσεις

Άσκηση 3.23

Ηλεκτρική πηγή με ηλεκτρεγερτική δύναμη E και εσωτερική αντίσταση r τροφοδοτεί ωμική αντίσταση R .

- 1 Ποια η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δώσει η πηγή στην αντίσταση R ;
- 2 Ποια συνθήκη θα πρέπει να ισχύει ώστε η πηγή να αποδίδει τη μέγιστη ισχύ της, και ποια η απόδοση της πηγής στην περίπτωση αυτή;



Ασκήσεις

Άσκηση 3.24

Προτείνετε μέθοδο για τον προσδιορισμό της εσωτερικής αντίστασης πηγής τάσης στο εργαστήριο.